

PROCEDE DE SYNTHESE D'UN MATERIAU CRISTALLIN ET MATERIAU
OBTENU PAR CE PROCEDE

5 L'invention concerne un procédé de synthèse d'un matériau cristallin et le matériau obtenu par ce procédé.

Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé de synthèse d'un matériau cristallin, comportant les étapes de :

10 a) réalisation, sur un substrat constitué d'un premier matériau, de germes d'un catalyseur adapté pour solubiliser du carbone,

b) croissance de nanotubes de carbone à partir des germes, et

15 c) réalisation d'une couche d'un deuxième matériau, comportant au moins un domaine monocristallin orienté à partir d'un germe.

Le procédé selon l'invention permet notamment de réaliser une couche de silicium au moins partiellement cristallisé, tel que du silicium polycristallin, sur un substrat amorphe tel que du verre. Dans ce cas notamment, le produit obtenu par le procédé selon l'invention est particulièrement intéressant pour des applications électroniques telles que la fabrication d'écrans plats.

25 Afin d'optimiser l'orientation des domaines monocristallins les uns par rapport aux autres, au cours de l'étape b), on oriente les germes sous champ magnétique.

Le procédé selon l'invention peut comporter en outre, l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

- 30
- le premier matériau est un matériau amorphe ;
 - le catalyseur comprend un métal de transition ;
 - le deuxième matériau est du silicium ;

- l'étape c) comporte les sous étapes :
 - . c1) au cours de laquelle on dépose, sur le substrat et des germes situés au sommet de nanotubes de carbone, le deuxième matériau sous forme amorphe, puis
 - 5 . c2) au cours de laquelle on procède à une cristallisation du deuxième matériau en phase solide ;
- l'étape a) comporte les sous étapes :
 - . a1) au cours de laquelle on réalise, sur le substrat, des plots du catalyseur, puis
 - 10 . a2) au cours de laquelle on recuit le substrat et les plots, pour former des germes ;
- l'étape a) comporte les sous étapes :
 - . a'1) au cours de laquelle on dépose, sur le substrat, un film mince constitué du catalyseur, puis
 - 15 . a'2) au cours de laquelle on recuit le substrat et le film mince, pour former des germes ;
- l'étape a) comporte les sous étapes :
 - . a"1) au cours de laquelle on implante des ions métalliques dans une couche mince,
 - 20 . a"2) au cours de laquelle on réalise un recuit de la couche mince dans laquelle des ions ont été implantés, afin de former des précipités métalliques à partir des ions implantés,
 - . a"3) au cours de laquelle on procède à une
 - 25 attaque sélective de la couche mince pour faire apparaître en surface des précipités métalliques qui formeront des germes; et
- un champ magnétique est appliqué, au cours des étapes a2), a'2) ou a"2), pour orienter les germes ;
- 30 - l'étape a) comporte les sous étapes :
 - . a'''1) de dépôt d'une couche de résine de masquage sur la couche mince, de réalisation de motifs dans

la résine, et de gravure de la couche mince, au niveau des motifs pour former des puits,

. a'''2) de dépôt du deuxième matériau,

. a'''3) de dissolution de la résine, et

5 . a'''4) de recuit de la couche mince et du deuxième matériau dans les puits, pour former des germes.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un matériau comportant :

10 - un substrat constitué d'un premier matériau, s'étendant essentiellement dans un plan,

- des nanotubes de carbone s'étendant longitudinalement essentiellement perpendiculairement au plan du substrat, entre une extrémité libre et un extrémité solidaire du substrat,

15 - des germes d'un catalyseur sensiblement situés à proximité de l'extrémité libre des nanotubes de carbone et

- au moins un domaine d'un deuxième matériau cristallisé et orienté à partir d'un moins un germe.

20 Les caractéristiques ci-dessus ainsi que d'autres apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de deux modes particuliers d'exécution de l'invention, donnés à titre d'exemple non limitatif.

La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

25 - la figure 1 représente schématiquement un premier exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

30 - la figure 2 est une photographie prise en microscopie électronique à balayage d'un substrat sur lequel ont été réalisés des germes, conformément aux premières étapes du procédé de la figure 1 ;

- la figure 3 représente schématiquement en coupe le début de la croissance de nanotubes de carbone à partir des germes tels que ceux représentés sur la figure 2 ;

5 - la figure 4 est une photographie réalisée par microscopie électronique en transmission de l'extrémité libre d'un nanotube de carbone et du germe ayant assisté sa croissance ;

10 - la figure 5 est une photographie en microscopie électronique à balayage d'un ensemble de nanotubes de carbone dont la croissance a été réalisée selon les premières étapes du procédé de la figure 1 ;

15 - la figure 6 illustre schématiquement sur un substrat vu en coupe, la cristallisation d'une couche mince de silicium amorphe, conformément au procédé illustré par la figure 1 ;

 - la figure 7 représente schématiquement certaines étapes d'un deuxième exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

20 - la figure 8 représente schématiquement certaines étapes d'un troisième exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Un premier exemple, non limitatif, de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, est décrit ci-dessous en relation avec les figures 1 à 6.

25 Selon cet exemple, le procédé selon l'invention est appliqué à la réalisation, sur un substrat 2 d'un premier matériau, ici de verre, d'une couche d'un deuxième matériau, ici de silicium polycristallin 1 (voir figure 1 c2)).

Selon cet exemple, le procédé comporte :

30 - une étape a1) au cours de laquelle on réalise, sur un substrat 2, des plots 4,

- une étape a2) au cours de laquelle on recuit le substrat 2 et les plots 4 pour former des germes 6,

- une étape b) de croissance de nanotubes de carbone 8 à partir des germes 6,

5 - une étape c1) au cours de laquelle on dépose sur l'ensemble du substrat 2, des germes 6 et des nanotubes de carbone 8, une couche de silicium amorphe 10, et

10 - une étape c2) au cours de laquelle on recuit le substrat 2 sur lequel est déposée la couche de silicium amorphe 10, afin de cristalliser, en phase solide, le silicium et obtenir des grains 11 de silicium orientés.

15 Les plots 4 sont constitués d'un catalyseur, ici un métal, typiquement un métal de transition, qui sert à catalyser la croissance des nanotubes de carbone 8. Il peut s'agir de fer, de cobalt, de nickel, de platine, etc.

20 Pour former les plots 4, on dépose sur le substrat 2, au cours de l'étape a1, une couche mince, par exemple, de fer, que l'on grave ensuite par des procédés classiques de lithographie, pour former un réseau de plots 4. Ces plots sont typiquement espacés de 2 à 3 microns.

Au cours de l'étape a2), on recuit la couche mince de fer vers 650-750°C, sous atmosphère réductrice.

25 Selon une variante, on dépose sur le substrat 2, une couche mince de 10 nanomètres d'épaisseur, du catalyseur, puis on réalise un recuit de l'ensemble.

30 La figure 2 illustre cette variante par laquelle des germes 6 ont été formés à partir d'une couche mince de nickel recuite à 700°C. On simplifie ainsi la façon d'obtenir les germes 6. En effet, il n'est pas nécessaire de disposer d'un réseau régulier bien ordonné. Il suffit qu'en moyenne, les germes 6 soient distants de 3 à 6 microns (Y. Kunii, M. Tabe and K. Kajiyama, J. Appl. Phys., vol. 54,

p.2847 (1983)), de manière à éviter la nucléation homogène, dans le silicium amorphe, entre deux germes 6, au cours de l'étape de cristallisation c2). En effet, la nucléation homogène se fait de manière aléatoire et les grains 11 ainsi
5 générés rompraient l'organisation de la couche de silicium après cristallisation.

Au cours de l'étape b) la croissance des nanotubes de carbone 8 à partir des germes 6 est effectuée par dépôt chimique en phase vapeur (CVD) purement thermique vers 850-
10 1000°C ou par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD), vers 600-700°C. Pour cette méthode de croissance, on se réfèrera par exemple à l'article de M. Meyyappan et Coll., Plasma Sources Sci. Technol., No. 12, page 205 (2003).

15 Comme représenté sur la figure 3, au cours de cette étape de croissance, les espèces comportant du carbone, ici C_2H_2 , de la phase gazeuse, sont décomposées sur les germes 6. Le carbone libéré est dissous par le germe 6 et précipite sur ses flancs, en général plus froids, en donnant naissance
20 à un nanotube 8. La forme du germe 6 évolue et se déplace au niveau de l'extrémité libre du nanotube 8, dans le cas où il interagit peu avec le substrat 2, c'est-à-dire lorsque $\gamma_a + \gamma^* \geq \gamma_b$, où γ_a , γ_b et γ^* sont respectivement les énergies superficielles du catalyseur, du substrat 2 et de
25 l'interface catalyseur/substrat 2.

Dans ce cas, après croissance, l'orientation du germe 2 par rapport à l'axe du nanotube de carbone 8 n'est pas quelconque (voir M. Audier et Coll., J. Cryst. Growth., No. 55, page 549 (1981)).

30 En particulier, comme représenté sur la figure 4 pour des germes 6 de fer, on constate que l'axe [100] du

germe 6 est parallèle à l'axe A du nanotube de carbone 8. L'orientation peut être différente pour d'autres métaux de transition mais dans tous les cas il existe une corrélation précise entre l'orientation du germe 6 et l'axe du nanotube de carbone 8 après croissance. La croissance des nanotubes de carbone 8 transforme un germe 6 d'orientation aléatoire en un germe 6 d'orientation précise par rapport à l'axe du nanotube de carbone 8.

Comme représenté sur la figure 5, si les nanotubes de carbone 8, obtenus par PECVD, sont tous parallèles et verticaux, et si d'autre part, les germes 6 ont leur axe [100] parallèle à l'axe A des nanotubes de carbone 8, tous les germes 6, après croissance des nanotubes de carbone 8, ont le même axe de zone. La croissance des nanotubes de carbone 8 selon le procédé selon l'invention, transforme donc une couche de catalyseur d'orientation totalement aléatoire en un réseau de germes 6, au sommet des nanotubes de carbone 8, de même axe de zone.

Afin de parfaire l'orientation des germes métalliques dans le plan du substrat 2, un champ magnétique judicieusement orienté dans le plan du substrat 2 peut être appliqué pendant l'étape a2 de formation des germes 6 ou pendant l'étape b) de croissance des nanotubes de carbone 8 à partir des germes 6.

Au cours de l'étape c1), on dépose une couche mince de silicium amorphe 10 sur le réseau des nanotubes de carbone 8 au sommet desquels les germes 6 sont orientés. Cette étape c1) est effectuée dans des conditions connues de l'homme de l'art, par PECVD ou LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition, soit dépôt chimique en phase vapeur à basse pression), par décomposition de SiH_4 ou Si_2H_6 , à une température comprise entre 200 et 600°C.

Au cours de l'étape c2), la couche de silicium amorphe 10 est cristallisée en phase solide, dans un four à atmosphère contrôlée, à une température comprise typiquement entre 450 et 550°C. On obtient alors une couche de silicium polycristallin très fortement texturée et d'orientation superficielle correspondant à l'orientation des germes 6 au sommet des nanotubes de carbone 8. Il y a épitaxie en phase solide du silicium sur les germes 6. Comme l'orientation de ces germes 6 est la même, on obtient *in fine* une couche mince de silicium polycristallin 12 très texturée, voire monocristalline sur un substrat 2 amorphe.

La croissance et l'épitaxie en phase solide du silicium sur les germes 6 sont représentées sur la figure 6. Dans une première phase de la croissance, le front de cristallisation se propage, à partir du sommet des germes 6, dans l'épaisseur de la couche 10. Puis, lorsque toute l'épaisseur de la couche 10 est cristallisée, le front de cristallisation 20 se déplace parallèlement au plan de la couche 10. Le silicium épitaxié sur les germes 6, et donc orienté sur ceux-ci, cristallise à partir de chacun des germes 6. Le front de cristallisation 20 se déplace latéralement jusqu'à obtenir un joint de grain à faible désorientation 22.

Un deuxième exemple, également non limitatif, de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, est décrit ci-dessous en relation avec la figure 7. Selon cet exemple, le mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention diffère de celui exposé ci-dessus essentiellement au niveau des étapes de formation des germes 6.

Comme représenté sur la figure 7, on réalise une couche mince 30 d'un matériau diélectrique connu de l'homme

de l'art, sur un substrat 2 amorphe. Le matériau diélectrique peut être, par exemple, de la silice (SiO_2) ou du nitrure de silicium (Si_3N_4).

5 Au cours d'une étape a"1), on implante des ions métalliques dans la couche mince 30. Les ions métalliques correspondent au catalyseur choisi pour former des germes 6.

10 Au cours d'une étape a"2), on effectue un recuit, vers 600°C , du substrat 2 et de la couche mince 30 ayant subi l'implantation ionique. Au cours de ce recuit, les atomes métalliques précipitent. L'espace et la taille des précipités 31 peuvent être ajustés en fonction de la dose d'implantation au cours de l'étape a"1). Typiquement, on utilisera des doses de l'ordre de 10^{17} à 10^{18} ions par cm^2 .

15 Au cours d'une étape a"3), on procède à une attaque chimique de la couche mince 30 de diélectrique pour "déchausser" les précipités métalliques 31. La partie émergente des précipités métalliques 31 constitue les germes 6 à partir desquels on peut procéder à la croissance d'un nanotube de carbone 8, puis au dépôt de silicium amorphe et
20 à sa cristallisation, conformément aux étapes b), c1) et c2) du premier exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention exposé ci-dessus.

25 Un troisième exemple, également non limitatif, de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, est décrit ci-dessous en relation avec la figure 8. Selon cet exemple, le mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention diffère de ceux exposés ci-dessus essentiellement au niveau des étapes de formation des germes 6.

30 Comme représenté sur la figure 8, on réalise par une étape a'"0), une couche mince 30 d'un matériau diélectrique connu de l'homme de l'art, sur un substrat 2 amorphe. Le

matériau diélectrique peut être, par exemple, de la silice (SiO_2) ou du nitrure de silicium (Si_3N_4).

Au cours d'une étape a'''1) :

- 5 - on dépose une couche de résine 40 de masquage sur la couche mince 30,
- 10 - on réalise, par exemple par photolithographie, des motifs dans la résine 40, de manière à ce que la résine 40 masque la couche mince 30, sauf sur certaines zones au niveau desquelles la couche mince 30 est à nu, et
- on grave la couche mince 30, jusqu'au substrat 2, au niveau des zones laissées à nu, pour former des puits 41.

15 Au cours d'une étape a'''2), on dépose un métal catalyseur 44 choisi pour former des germes 6.

 Au cours d'une étape a'''3), on dissout la résine 40. Le catalyseur 44 présent sur la résine est donc également éliminé au cours de cette opération.

20 Au cours d'une étape a'''4), on effectue un recuit, vers 600°C , du substrat 2, de la couche mince 30 et du catalyseur 44 présent au fond des puits 41. Au cours de ce recuit, le catalyseur forme des germes 6 sous forme de nanoparticules.

25 On procède ensuite à une étape b''' de croissance de nanotubes de carbone 8, à partir des germes 6, de manière analogue à l'étape b) décrite ci-dessus, de manière à orienter les germes 6.

30 Enfin, on procède à une étape c'''1) de dépôt d'une couche de silicium amorphe 10, puis à une étape c'''2) (non représentée) de cristallisation de la couche de silicium

11

amorphe 10, respectivement analogues aux étapes c1) et c2) décrites ci-dessus.

REVENDICATIONS

1. Procédé de synthèse d'un matériau cristallin, comportant les étapes de :

5 a) réalisation, sur un substrat (2) constitué d'un premier matériau, de germes (6) d'un catalyseur adapté pour solubiliser du carbone,

b) croissance de nanotubes de carbone (8) à partir des germes (6), et

10 c) réalisation d'une couche d'un deuxième matériau, comportant au moins un domaine monocristallin (12) orienté à partir d'un germe (6).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, au cours de l'étape b), on oriente les germes (6) sous champ
15 magnétique.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le premier matériau est un matériau amorphe.

20 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le catalyseur comprend un métal de transition.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le deuxième matériau est du silicium.

25 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape c) comporte les sous étapes :

30 . c1) : au cours de laquelle on dépose, sur le substrat (2) et des germes (6) situés au sommet de nanotubes de carbone (8), le deuxième matériau (10) sous forme amorphe, puis

. c2) au cours de laquelle on procède à une cristallisation du deuxième matériau en phase solide.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape a) comporte les sous étapes :

. a1) au cours de laquelle on réalise, sur le substrat, des plots (4) du deuxième matériau, puis

. a2) au cours de laquelle on recuit le substrat (2) et les plots (4), pour former des germes (6).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape a) comporte les sous étapes :

. a'1) au cours de laquelle on dépose, sur le substrat (2), un film mince constitué du deuxième matériau, puis

. a'2) au cours de laquelle on recuit le substrat (2) et le film mince, pour former des germes (6).

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape a) comporte les sous étapes :

. a"1) au cours de laquelle on implante des ions métalliques dans une couche mince (30),

. a"2) au cours de laquelle on réalise un recuit de la couche mince (30) dans laquelle des ions ont été implantés, afin de former des précipités métalliques (31) à partir des ions implantés,

. a"3) au cours de laquelle on procède à une attaque sélective de la couche mince (30) pour faire apparaître en surface des précipités métalliques, qui formeront des germes (6).

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel au cours des étapes a2), a'2) ou a"2), un champ magnétique est appliqué pour orienter les germes (6).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape a) comporte les sous étapes :

- a'''1) de dépôt d'une couche de résine (40) de masquage sur la couche mince (30), de réalisation de motifs dans la résine (40), et de gravure de la couche mince (30), au niveau des motifs pour former des puits (41),

- a'''2) de dépôt du deuxième matériau,

- a'''3) de dissolution de la résine (40), et

- a'''4) de recuit de la couche mince (30) et du deuxième matériau dans les puits (41), pour former des germes (6).

12. Matériau comportant :

- un substrat (2) constitué d'un premier matériau, s'étendant essentiellement dans un plan,

- des nanotubes de carbone (8) s'étendant longitudinalement essentiellement perpendiculairement au plan du substrat (2), entre une extrémité libre et un extrémité solidaire du substrat (2),

- des germes (6) d'un catalyseur sensiblement situés à proximité de l'extrémité libre des nanotubes de carbone (8) et

- au moins un domaine (12) d'un deuxième matériau cristallisé et orienté à partir d'un moins un germe (6).

1/5

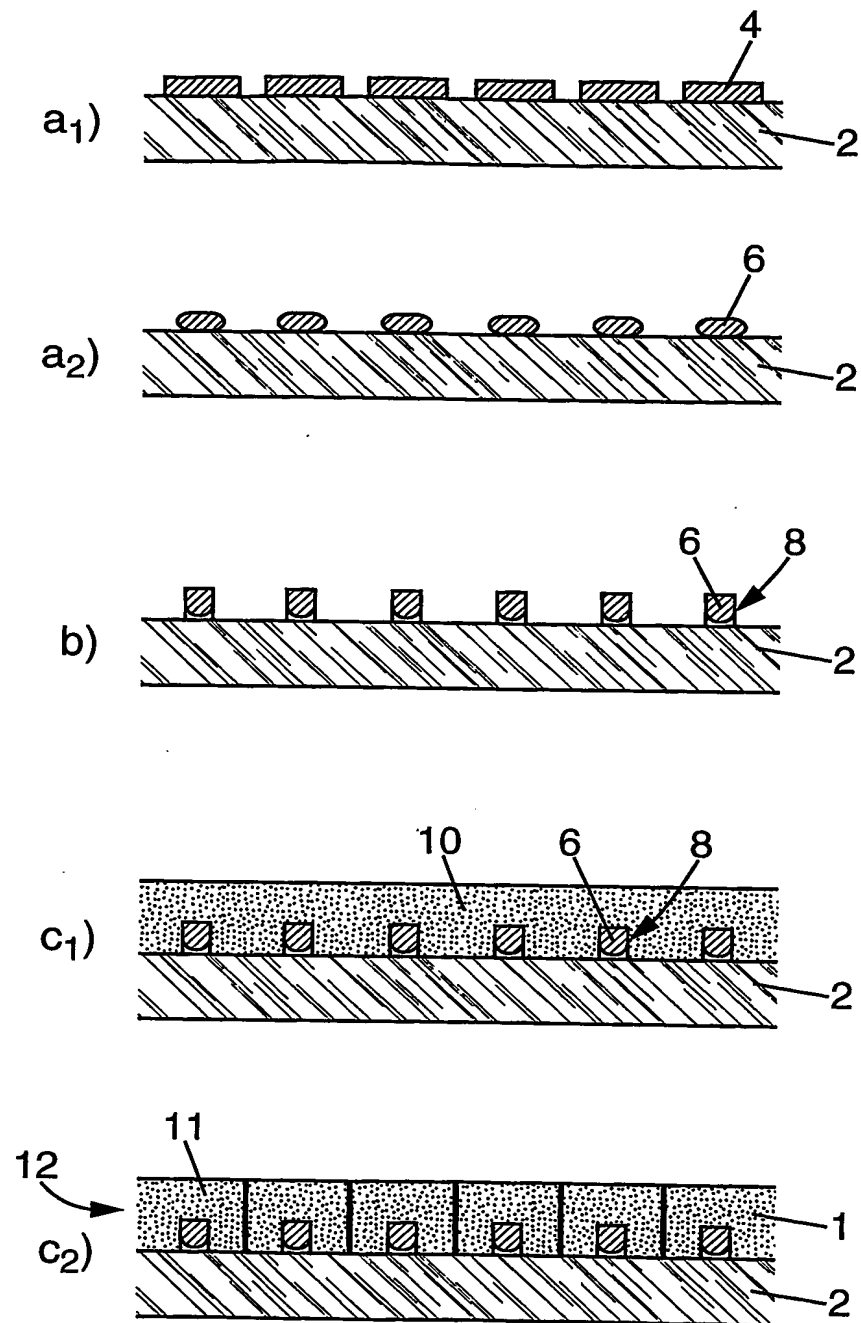


FIG. 1

2/5

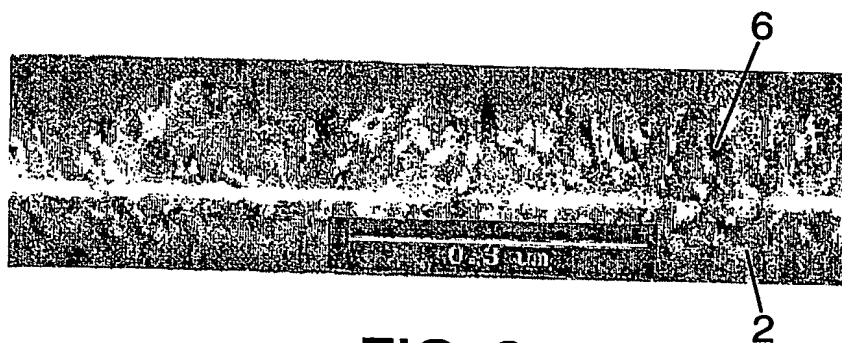


FIG. 2

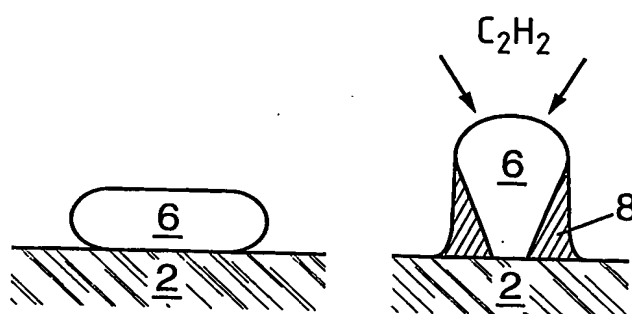


FIG. 3

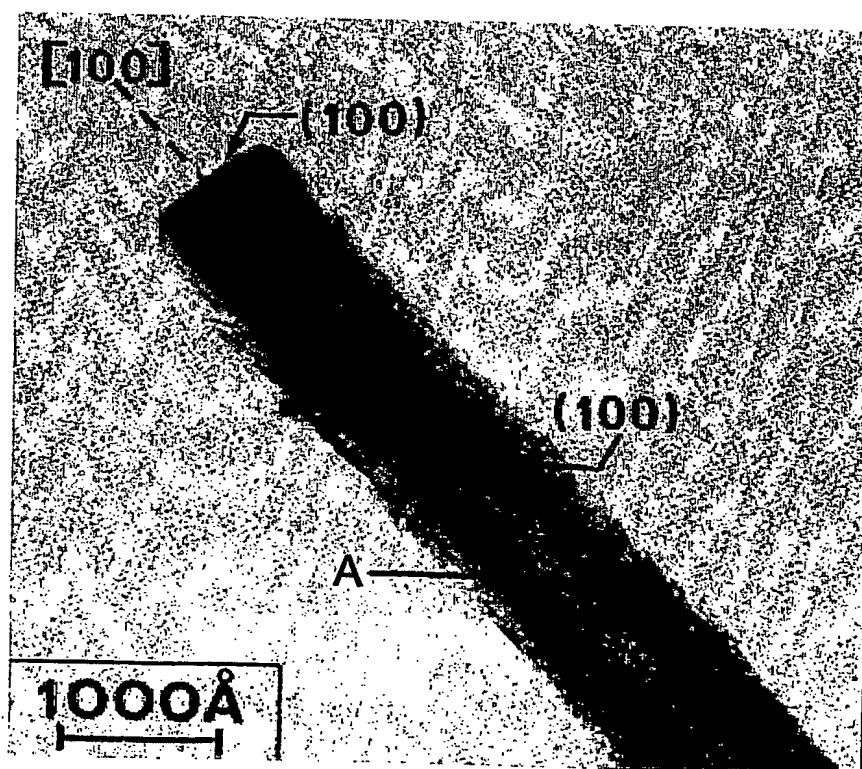


FIG. 4

3/5

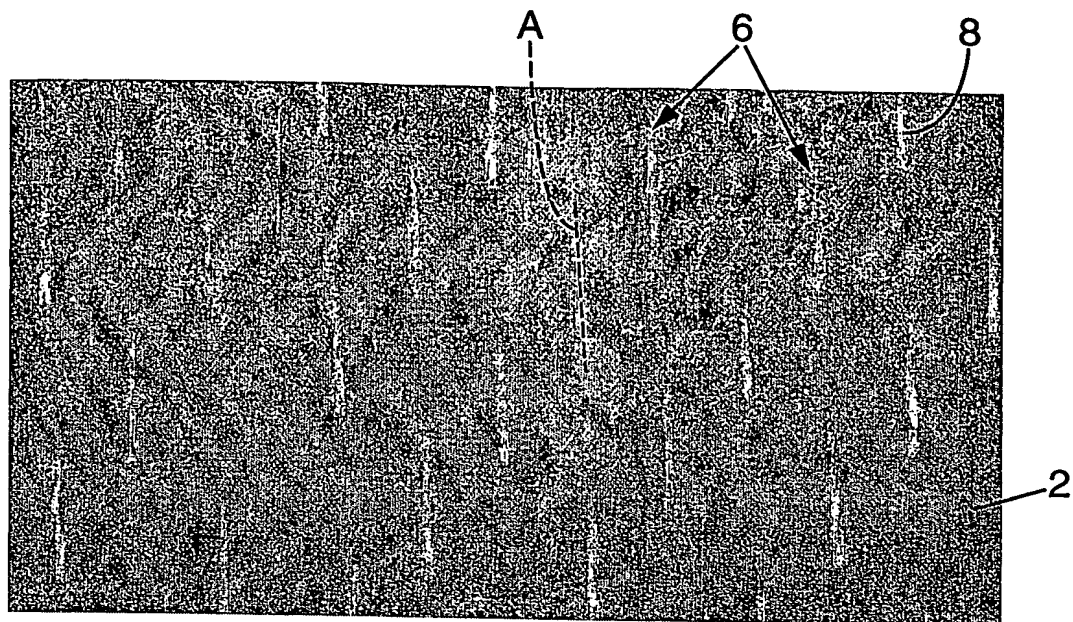


FIG. 5

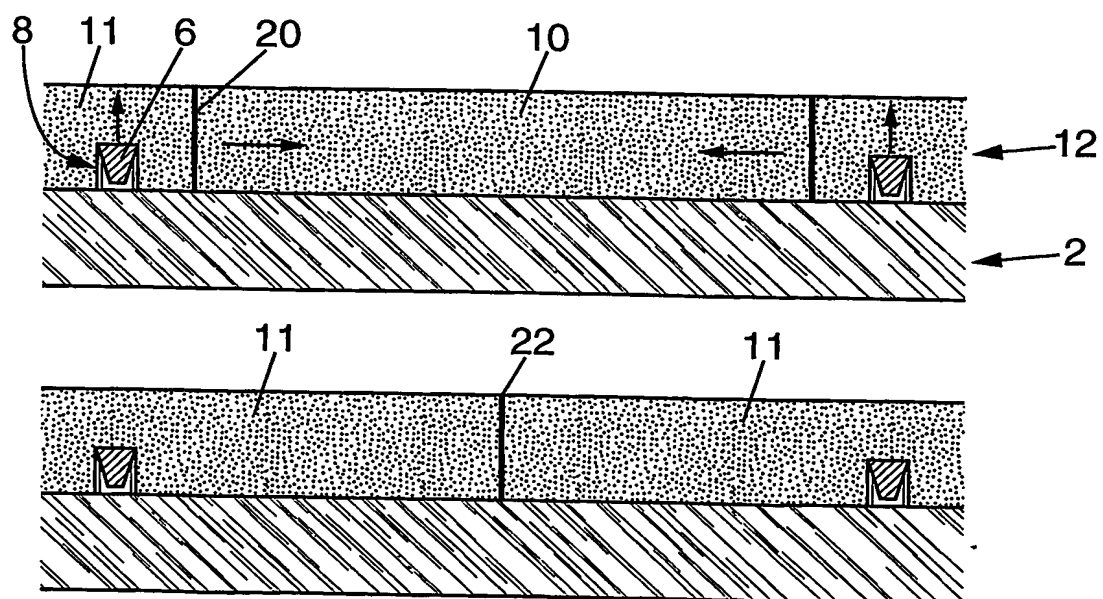


FIG. 6

4/5

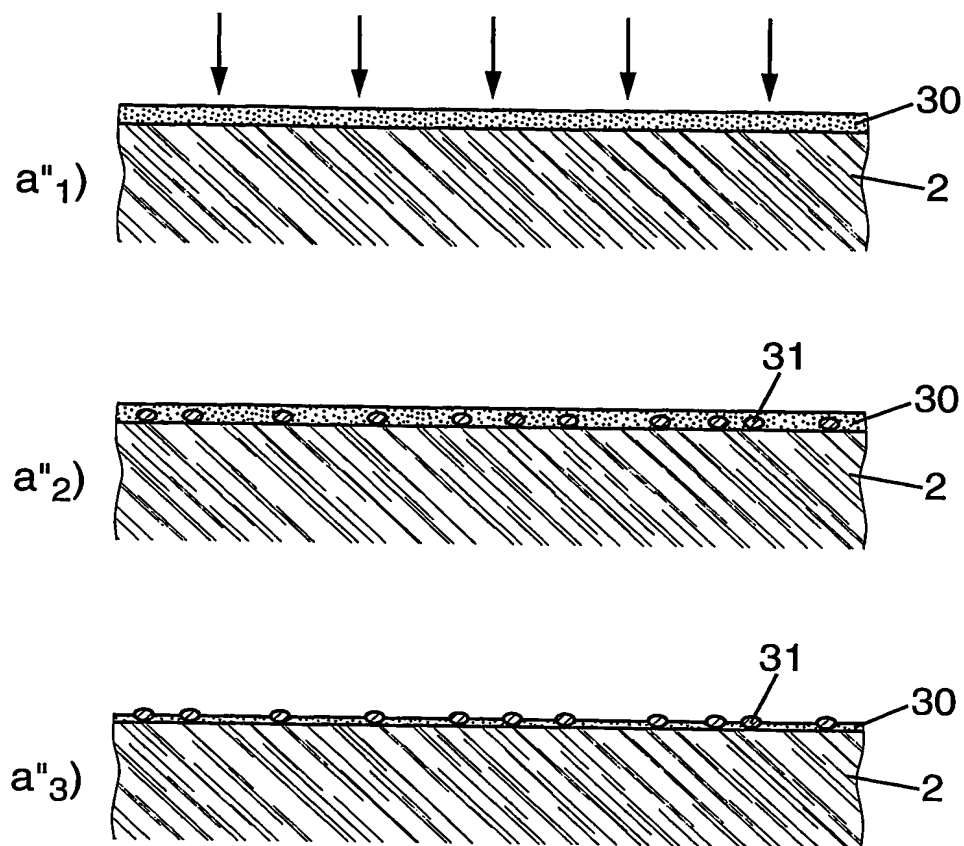
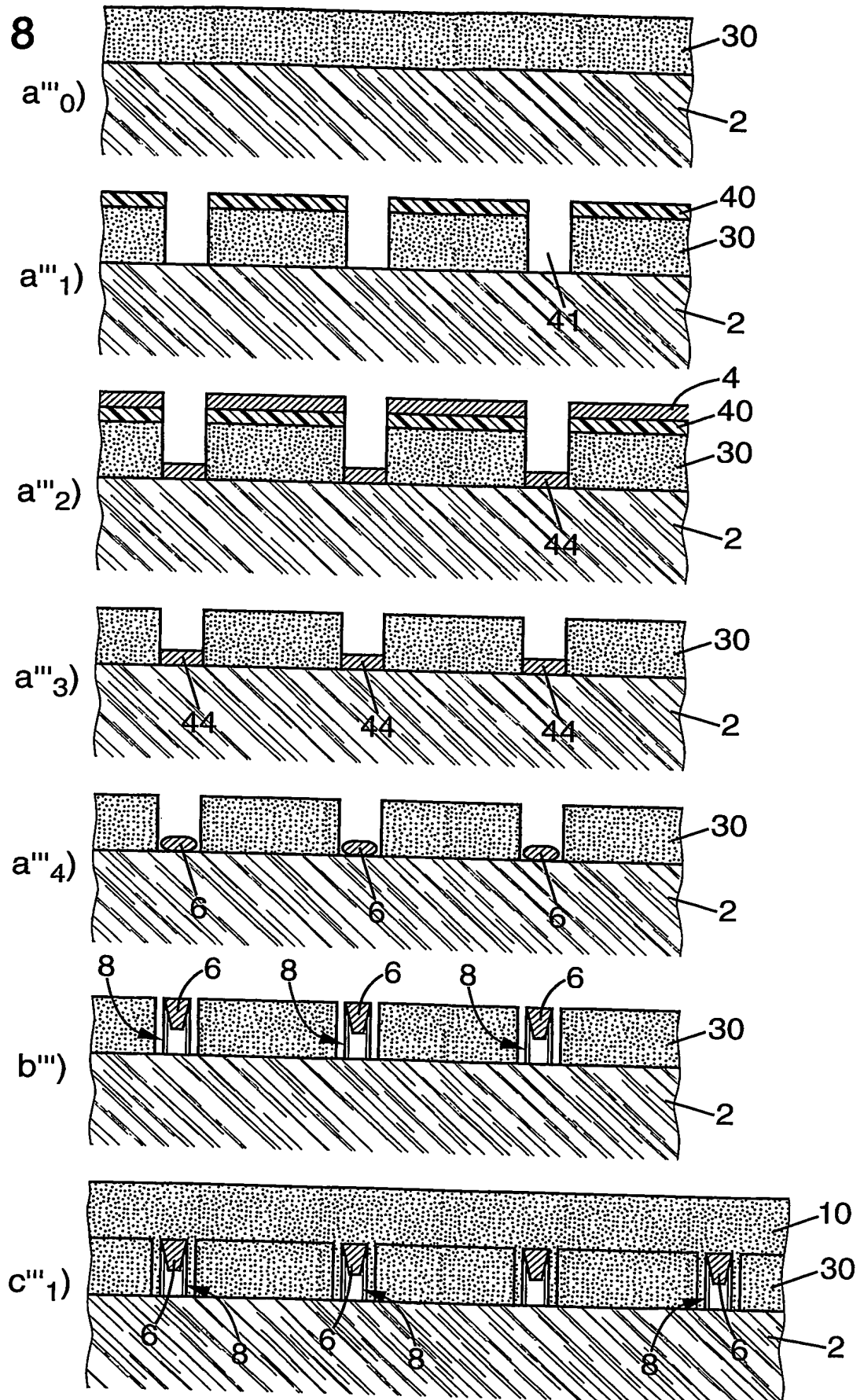


FIG. 7

5/5

FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/001634

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C30B1/02 C30B29/06 C30B25/02 H01L21/00 B82B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 C30B H01L B82B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 827 773 A (VOUTSAS TOLIS) 27 October 1998 (1998-10-27) the whole document	1
A	KUNII ET AL.: "Solid Phase lateral epitaxy of chemical vapor deposited amorphous silicon by furnace annealing" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 54, no. 5, May 1983 (1983-05), pages 2847-2849, XP002274241 NEW YORK US cited in the application the whole document	1

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 October 2004

Date of mailing of the international search report

05/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cook, S

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AUDIER ET AL.: "Crystallographic orientations of catalytic particles in filamentous carbon; case of simple conical particles" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, vol. 55, 1981, pages 549-556, XP002274242 NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM., NL ISSN: 0022-0248 cited in the application	
A	MEYYAPAN ET AL.: "Carbon nanotube growth by PECVD: a review" PLASMA SOURCES AND TECHNOLOGY, vol. 12, 2003, pages 205-216, XP002274243 UK cited in the application	
A	FR 2 832 995 A (THALES) 6 June 2003 (2003-06-06)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/001634

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5827773	A	27-10-1998	JP 3558200 B2	25-08-2004
			JP 10291897 A	04-11-1998
			US 5959314 A	28-09-1999
			US 6329270 B1	11-12-2001
			US 6169013 B1	02-01-2001
FR 2832995	A	06-06-2003	FR 2832995 A1	06-06-2003
			EP 1451102 A1	01-09-2004
			WO 03048040 A1	12-06-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/001634

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 C30B1/02 C30B29/06 C30B25/02 H01L21/00 B82B3/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 C30B H01L B82B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 827 773 A (VOUTSAS TOLIS) 27 octobre 1998 (1998-10-27) le document en entier	1
A	KUNII ET AL.: "Solid Phase lateral epitaxy of chemical vapor deposited amorphous silicon by furnace annealing" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 54, no. 5, mai 1983 (1983-05), pages 2847-2849, XP002274241 NEW YORK US cité dans la demande le document en entier	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 octobre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/11/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Cook, S

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>AUDIER ET AL.: "Crystallographic orientations of catalytic particles in filamentous carbon; case of simple conical particles" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH., vol. 55, 1981, pages 549-556, XP002274242 NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM., NL ISSN: 0022-0248 cité dans la demande</p>	
A	<p>MEYYAPAN ET AL.: "Carbon nanotube growth by PECVD: a review" PLASMA SOURCES AND TECHNOLOGY, vol. 12, 2003, pages 205-216, XP002274243 UK cité dans la demande</p>	
A	<p>FR 2 832 995 A (THALES) 6 juin 2003 (2003-06-06)</p>	

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5827773	A	27-10-1998	JP 3558200 B2	25-08-2004
			JP 10291897 A	04-11-1998
			US 5959314 A	28-09-1999
			US 6329270 B1	11-12-2001
			US 6169013 B1	02-01-2001
FR 2832995	A	06-06-2003	FR 2832995 A1	06-06-2003
			EP 1451102 A1	01-09-2004
			WO 03048040 A1	12-06-2003

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.